

Edifici passivi

EDIFICI PASSIVI

Una scuola elementare a Francoforte s.M.



La scuola elementare di Francoforte-Riedberg

Nel quartiere Riedberg, situato nella parte nordovest di Francoforte sul Meno, si sta attualmente svolgendo il più grande intervento di urbanizzazione della Regione Assia. Secondo le previsioni, entro il 2012, vi dovranno abitare fino a 15.000 persone. Sono previste dodici scuole d'infanzia e quattro nuove scuole.



L'ingresso della scuola

Una di queste è la scuola elementare Heinrich-Kromer, costruita, su progetto dello studio d'architettura 4a di Stoccarda, come edificio passivo. Il progetto aveva vinto il primo premio in un concorso bandito dalla città di Francoforte: la scuola, costruita tra il 2003 e il 2004, è stata inaugurata il 1 novembre del 2004. Alla scuola è abbinata una scuola d'infanzia. Si tratta di una delle prime scuole tedesche che corrispondono a questo standard energetico. Il fabbisogno d'energia primaria è di circa 59 kWh/(m²a).

Il complesso scolastico, che è frequentato da 400 alunni e 100 bambini, comprende anche una mensa con cucina completamente attrezzata. La palestra è a basso consumo energetico e serve anche per le attività sportive degli abitanti del quartiere.



Planimetria del piano terra

Gli elementi più importanti che rendono la scuola "passiva" sono la struttura pesante, in grado di assorbire elevate cariche termiche, l'isolamento termico dell'involucro, la ventilazione meccanica controllata, le schermature parasole che impediscono il surriscaldamento dell'edificio in estate e un'ottima illuminazione naturale delle aule.

Si è calcolato che lo standard "passivo" della scuola elementare di Riedberg comporta un risparmio energetico di 250 MWh/anno, pari a 28.000 Euro/anno. Ed in più si sono potuti ottenere un clima interno migliore e migliori condizioni didattiche.

Struttura edilizia e isolamento termico

Una delle caratteristiche di una scuola sono gli elevati apporti termici durante le lezioni. 25 studenti e un insegnante, insieme, emettono calore con una potenza di 1,5 kW, sufficiente a riscaldare un'aula durante le lezioni anche in inverno. L'isolamento termico di un edificio scolastico può essere pertanto più leggero rispetto a quello di un edificio residenziale.



Il cortile della scuola

Vista la forte pendenza del terreno (differenza di quota: 11 metri), l'applicazione di un isolamento termico, sotto la piastra contro terra, si è rivelata inopportuna. In compenso è stato steso un isolamento termico superiore dello spessore di 10-15 cm. Inoltre è stato costruito un isolamento termico perimetrale dello spessore di 20 cm che va fino ad una profondità di due metri, intervento che riduce anche i ponti termici alla base dell'edificio. In considerazione degli elevati apporti termici da sorgenti interne, si è potuto applicare un più sottile isolamento termico alle pareti esterne: trasmittanza termica U è di $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ventilazione

La ventilazione controllata è gestita da sei impianti dotati di scambiatori di calore a flusso incrociato che, insieme, possono trasportare un volume d'aria di $21.700 \text{ m}^3/\text{h}$. Tre degli impianti servono alla scuola elementare, gli altri tre alla scuola d'infanzia. L'effettivo rendimento del recupero di calore ammonta al 73 per cento.

L'aria esterna in entrata è riscaldata tramite il recuperatore di calore ed immessa nei locali, senza post-riscaldamento, da bocchette a getto lungo poste sotto il soffitto. La temperatura dell'aria insufflata è di almeno 16°C . Il volume d'aria immesso è relativamente modesto e corrisponde a circa $15 \text{ m}^3/(\text{h}, \text{ persona})$, ossia a un tasso di ricambio di $2/\text{h}$ in caso di occupazione completa. L'aria è riscaldata poi dagli stessi alunni, ciò che garantisce, anche in inverno, una soddisfacente umidità relativa dell'aria. La regolazione del flusso volumico avviene gradualmente (100%, 50%, %) per le aule scolastiche, e quello per i locali poco utilizzati è regolato da sensori di gas (CO_2 e miscele di gas). L'aria fluisce dalle aule, attraverso i locali destinati ai lavori in gruppo, nel corridoio (misura antirumore e antincendio). Applicando questo sistema di ventilazione si è potuto rinunciare all'installazione dei canali di asportazione.



Impianto di ventilazione



Centrale termica

Nel corso della progettazione, le norme antirumore e antincendio sono nel frattempo cambiate e diventate più severe, sono quindi aumentati i costi d'investimento e d'esercizio. Ora sarebbe più economico installare un completo sistema di canali.

I servizi igienici sono collegati separatamente al sistema di ventilazione e di recupero di calore. Grazie all'uso di motori a basso consumo energetico e all'ottima conduzione dei canali, il consumo medio dell'impianto di ventilazione ammonta a $0,45 \text{ Wh/m}^3$ e

soddisfa così i criteri dello standard di un edificio passivo.

Una combinazione di ventilazione meccanica controllata e manuale riduce le concentrazioni di CO_2 nelle aule a meno di 1.500 ppm , così come prescrive la norma DIN 1946 T2. In base alle esperienze finora fatte, in inverno, un tasso di ricambio di $2/\text{h}$ non è raggiungibile tramite l'apertura delle finestre e la concentrazione di CO_2 sarebbe tra 2500 e 4000 ppm . L'impianto di ventilazione recupera calore dall'aria in uscita.

Riscaldamento e produzione di acqua calda

Il calore è conferito ai singoli ambienti scolastici individualmente tramite radiatori, uno dei quali installato in ciascun locale. Questa soluzione è stata scelta perché i costi sono stati gli stessi che si avrebbero avuti se si fosse conferito il calore tramite l'aria a gruppi di locali, ed anche perché la regolazione può avvenire in maniera più semplice ed individuale. I locali, prima di essere usati, possono essere riscaldati, anche quando la ventilazione non è ancora in funzione.

In quasi tutti i locali, il funzionamento del riscaldamento può essere regolato anche manualmente. La fornitura di calore è automaticamente interrotta all'eventuale apertura delle finestre. Dei sensori, montati presso le porte, registrano la diminuzione della temperatura e comunicano i dati rilevati alla centrale di regolazione.

I corridoi sono riscaldati unicamente tramite l'aria esausta in uscita. La temperatura minima di progetto è di 15°C.

Il calore è prodotto da due caldaie a 60 kW, alimentate da pellet e a funzionamento automatico. Nel corso della progettazione si è valutato anche il collegamento alla rete di teleriscaldamento alimentata da un inceneritore. La produzione di calore tramite le due caldaie si è però rivelata la più economica.

La produzione d'acqua calda sanitaria è limitata all'effettivo fabbisogno. I servizi igienici sono forniti solo con acqua fredda. Utenze molto distanti dalla centrale di riscaldamento sono attrezzate con scaldacqua elettrici, una soluzione conveniente sia dal punto di vista del risparmio energetico che da quello economico. Grandi utenze, come la palestra e la mensa, sono state disposte nei pressi della centrale di riscaldamento.



Plastico del complesso scolastico

Schermature parasole

Un particolare aspetto della progettazione è stata la prevenzione contro possibili surriscaldamenti estivi. A questo scopo sono state eseguite delle simulazioni e dei calcoli. Particolare attenzione è stata rivolta alle aule in cui si registrano, in estate, elevati apporti termici da sorgenti interne (25 studenti + 1 insegnante) ed esterne.

Data un'area delle finestre di 15 m² da cui entra il 15 per cento della radiazione globale, gli apporti termici esterni ammontano a 60-80 W/m².

La prevenzione consiste in elementi costruttivi pesanti in grado di assorbire e di accumulare calore durante il giorno, finestre con tende a lamelle regolabili e la possibilità di raffreddare l'edificio durante la notte con dispositivi attivi e passivi. Durante la notte, l'aria calda esce dalle aule attraverso valvole automaticamente regolate. L'impianto di ventilazione possiede un bypass che consente una ventilazione notturna con un tasso di ricambio di 2⁻¹ e di 4⁻¹.

Illuminazione

Allo scopo di ottimizzare l'illuminazione naturale e quindi di poter rinunciare al massimo possibile all'uso di lampade, è stata ridotta l'altezza degli architravi delle finestre e sono state montate, all'esterno delle finestre, delle tende a lamelle regolabili che riflettono la luce del giorno verso l'interno. Queste tende sono regolate automaticamente da una centrale, ma, con l'uso di una chiave, possono essere regolate anche manualmente.

Impianto elettrico e impianto FV

L'impianto elettrico è stato progettato in riguardo al risparmio energetico ed economico. Nelle aule è stata installata una potenza di 6 W/m². Il tetto della scuola è stato affittato a terzi che vi hanno installato un impianto fotovoltaico con una potenza di 30 kWp.

Acustica

Allo scopo di soddisfare le prescrizioni delle normative bisognava ottimizzare l'acustica, ma senza compromettere le masse dei solai e delle pareti che devono assorbire ed accumulare il calore.

Centrale di regolazione

Il funzionamento della ventilazione, del riscaldamento, del sistema parasole e delle valvole d'apertura è regolato centralmente da un server OPC (Operation Planning and Control) collegato a una rete LON (Local Operating Network). L'illuminazione artificiale nei corridoi è regolata da sensori che reagiscono ai movimenti. Le lampade nelle aule vengono spente centralmente dopo ogni lezione, ma possono essere riattivate manualmente in caso di bisogno.

Monitoraggio

E' stato impiantato un programma biennale di monitoraggio per rilevare l'effettiva efficienza energetica dell'edificio. Il Passivhaus Institut Darmstadt misura il consumo energetico e idrico, il ricambio d'aria nelle zone d'ingresso della scuola, il rendimento degli impianti di ventilazione, la qualità dell'aria e le temperature nelle aule in rapporto alle condizioni climatiche esterne.

Costi

Costi d'investimento: 16,7 Mio. Euro
Costi di costruzione: 11,1 Mio. Euro,
Costi di costruzione specifici 1.110 Euro/m²

Costi aggiuntivi per ottenere lo standard di edificio passivo: ca. 4 % (secondo metodo di calcolo, vedi tabella)

Risparmio di costi d'esercizio in 30 anni: 570.000 Euro,
Periodo di ammortamento: 38 anni (calcolato in base agli attuali prezzi dell'energia)

Sovvenzioni ricevute:

Fondo per l'Ambiente: 250.000 Euro di cui 80.000 Euro per l'accompagnamento

scientifico e il monitoraggio.
 Regione Assia: 10.000 Euro per le caldaie a pellet

Tabella – Costi aggiuntivi dovuti allo standard energetico di edificio passivo				
Elemento costruttivo	netto	Costi aggiuntivi +18%	lordo	Note
Fondazione	25.000	4.500	34.220	
Parete esterna	152.000	27.360	208.058	2160 m2, isolamento termico 1,3 Euro/m2
Finestre	145.000	26.100	198.476	1780 m2, vetri per edifici passivi, 70-100 Euro/m2
Controsoffitti	20.000	3.600	27.376	2560 m2
Tetto	50.000	9.000	68.440	3600 m2
Impianto di ventilazione/Riscaldamento	125.000	22.500	171.100	3 impianti in più; radiatori, centrale termica, Regolazione centralizzata
Somma	517.000		707.670 4,2%	Costo totale 16,7 milioni di Euro. Costi di costruzione 11,3 milioni di Euro (di cui aggiuntivi 6,2%)

Dati dell'edificio	
Tipologia edilizia:	Scolastica
Superficie lorda dei piani:	8.785 m ²
Superficie netta dei piani:	6.100 m ²
Cubatura lorda:	40.347 m ³
Rapporto A/V:	0,35 m ⁻¹
Numero dei piani:	5
Trasmittanza termica U	
Parete esterna:	0,16 W/(m ² K)
Finestre:	0,74 W/(m ² K)
Tetto:	0,11 W/(m ² K)
Pavimento contro terra:	0,34 W/(m ² K)
Indici energetici	
Fabbisogno termico (riscaldamento):	15 kWh/(m ² a)
Fabbisogno d'energia primaria: (Superficie utile A _N secondo norma EnEV)	59 kWh/m ² a
Potenza specifica di riscaldamento:	10,5 W/m ²
Impermeabilità n50:	0,46 Wh/m ³
Recupero di calore:	si
Riduzione delle emissioni CO2 in 30 anni:	1.000 t
Illuminazione aule:	6 W/m ² (2W/100 lux/m ²)

Committente:	Stadt Frankfurt am Main, Stadtschulamt
Project-Management:	Stadt Frankfurt am Main, Hochbauamt
Architetti:	Architekturbüro 4°, Stuttgart
Consulenza e monitoraggio:	Passivhaus Institut, Darmstadt